

0- 797195

На правах рукописи



**КАБАЛИНА ТАТЬЯНА ВАЛЕНТИНОВНА**

**Моделирование пассажирских перевозок  
городским общественным транспортом**

**Специальность 08.00.13 – Математические  
и инструментальные методы экономики**

**АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени кандидата  
экономических наук**

**Санкт-Петербург - 2012**

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет экономики и финансов»

**Научный руководитель -** доктор экономических наук, профессор  
**Чернов Виктор Петрович**

**Официальные оппоненты:** **Погостинская Нина Николаевна**  
доктор экономических наук, профессор,  
заслуженный работник высшей школы  
РФ, Международный банковский  
институт, заведующая кафедрой  
финансов

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КФУ



0000795767

**Ватник Павел Абрамович**  
доктор экономических наук, профессор,  
Санкт-Петербургский государственный  
инженерно-экономический университет,  
профессор кафедры исследования  
операций в экономике им. Ю.А. Львова

**Ведущая организация -** Автономная некоммерческая организация  
Международный центр социально-  
экономических исследований  
Леонтьевский центр

Защита диссертации состоится "31" *мая* 2012 года в \_\_ часов на заседании диссертационного совета Д 212.237.03 при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет экономики и финансов» по адресу: 191023, Санкт-Петербург, ул. Садовая, д.21, ауд.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет экономики и финансов»

Автореферат разослан "25" *апреля* 2012 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Завгородняя  
Анна Васильевна

## I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы диссертационного исследования.** Российские города строились в расчете преимущественно на общественный транспорт. Состояние и развитие транспортных сетей не позволяют им угнаться за современными темпами роста автомобилизации и грузоперевозок. Это приводит к значительному уменьшению скорости движения грузов и пассажиров, повышению транспортных издержек и уровня мобильности населения и экономических субъектов по сравнению со странами, имеющими развитую транспортную инфраструктуру. Автобус в условиях острой нехватки пропускной способности и плохого состояния дорожного полотна порождает заторы, рост аварий, ухудшение экологической среды и доступности объектов притяжения пассажиропотоков. Негативные последствия неконтролируемой автомобилизации становятся угрозой жизнедеятельности экономических субъектов и жителей, т.е. самому существованию городов.

В России рост автомобилизации осложняется кризисом городского массового транспорта, который характеризуется: резким падением пассажирооборота; старением и сокращением автопарка; снижением организации и координации перевозок; ухудшением технико-экономических и финансовых показателей. На первый план проблем управления выдвигается весь спектр вопросов, касающихся улучшения функционирования городского общественного транспорта (ГОТ), что и определяет актуальность темы данного диссертационного исследования.

**Степень разработанности научной проблемы.** В ходе работы над диссертационным исследованием были изучены труды авторов двух основных подходов, сложившихся в экономико-математическом моделировании городского пассажирского транспорта (ГПТ), - детерминистско-оптимизационного и вероятностно-адаптивного. Значительный вклад в разработку первого внесли ученые Антошвили М.Е., Бакаев А.А., Беленький А.С., Варелопуло Г.А., Герами В.Д., Гуц Ю.И., Ембулаев В.Н., Канторович Л.В., Либерман С.Ю., Спирин И.В., Швецов В.И. и др. В моделях ставились различные цели и соответственно им определялись разные критерии. Необходимость учета случайных факторов способствовала появлению второго направления, которое успешно развивали Белокуров С.В., Бергман А.К., Дьяконов А.Б., Клишковштейн Г.И., Кривошеенко Ю.В., Михайлов А.С., Яворский В.В. и др. Достоинства обоих подходов реализуются, например, Корягиным М.Е., Семеновым О.С., Сериковым А.А., Сорокиным А.А. в имитационном моделировании,

воспроизводящем естественные процессы в ГОТ и дающем исходный материал для выбора наилучшего варианта.

Отдельными вопросами улучшения функционирования пассажирских перевозок ГОТ, который в расчете на одного пассажира более экологичен, компактен, менее затратен, занимались Богомолов А.А., Бунеев В.М., Гудков В.А., Кравченко Е.А., Петров М.Б., Сафронов Э.А., Соболев В.К., Хархаров А.М., Штанов В.Ф. и др. Однако в этой области исследований не сложился единый подход к определению критерия эффективности. Эта проблема осложняется недостаточным опытом управления транспортными системами (ТС) в рыночной экономике, а также учетом российских особенностей. Каждая заинтересованная в транспортной услуге сторона руководствуется своей экономической оценкой уровня сервиса и эффективности.

Многие зарубежные работы посвящены выбору способа перемещения (личный или общественный транспорт), а вопросы совмещения маршрутных схем из-за высокого коэффициента пересадочности в них не рассматриваются. В экономически развитых странах при оценке эффективности и совершенствовании ТС большое внимание уделяют ухудшению экологии и здоровья, потере времени и городской территории, что нужно учитывать и в России.

Целью диссертационного исследования является построение комплекса моделей ГОТ с использованием компьютерного численного моделирования, фрактальных и логико-вероятностного методов, расширяющих прикладные возможности математики для решения задач эффективного функционирования системы пассажирских перевозок. Для достижения поставленной цели были последовательно поставлены и успешно решены следующие взаимосвязанные задачи:

- проанализировано состояние ГОТ в России, подходы, методы и модели его анализа как сложной социально-экономической системы;
- построена структура показателей эффективности функционирования ГОТ, в т.ч. показателей качества транспортного сервиса, и усовершенствован подход к их применению в моделях ГПТ;
- разработан показатель уровня пассажирского сервиса в соответствии с действующим законодательством и характеристиками спроса пассажиров и получено оптимальное решение для модели зависимости убытка ГОТ от уровня пассажирского сервиса;
- рассмотрены показатели обслуживания, влияющие на выбор пассажиром маршрута и вида ГОТ и методы их оценки; исследованы методы анализа динамики пассажиропотока и возможность применения в моделировании ТС логико-вероятностного и фрактальных методов;





- проведена оценка программного обеспечения на предмет возможностей его использования для решения задач, поставленных в диссертационной работе;

- предложены и опробованы фрактальные методы для моделирования динамики пассажиропотока и логико-вероятностный метод (ЛВМ) выбора пассажирами конкурирующего маршрута и вида транспорта.

**Объектом исследования** послужила система пассажирских перевозок ГОТ в послеплановой экономике и факторы, определяющие ее функционирование и развитие.

**Предметом исследования** являются математические методы и подходы к моделированию системы пассажирских перевозок ГОТ с целью повышения эффективности ее функционирования.

**Теоретическая и методологическая основа** диссертации включает труды отечественных и зарубежных ученых в области транспорта по системному анализу, исследованию операций, теории вероятностей и математической статистике, маркетингу, логистике, квалиметрии, а также исследования в области фракталов и логико-вероятностного моделирования. Большое влияние оказали публикации и материалы урбанистов, специалистов по организации и управлению ГОТ, нормативно-законодательные акты, концепции, программы и методики развития ТС.

В качестве инструментов исследования в диссертационной работе нашли применение разнообразные методы: системный подход, анализ и синтез, статистическая сводка и группировка, графическое представление и анализ данных, теория вероятностей, численное компьютерное моделирование, ЛВМ, статистический и фрактальный анализ рядов динамики и другие методы.

**Информационную базу исследования** составили правовые документы органов власти разных уровней, данные статистических органов, материалы периодических изданий и интернет-ресурсов, архивные данные субъектов автотранспортной деятельности г. Северодвинска, исследования автора.

**Обоснованность и достоверность результатов исследования** подтверждается:

- использованием в качестве теоретико-методологической основы диссертации фундаментальных исследований и прикладных разработок ведущих отечественных и зарубежных специалистов в области ГОТ,

- фактом проведения на протяжении последних десяти лет в России и за рубежом исследований и разработок, направленных на внедрение логико-вероятностного и фрактальных методов при моделировании в

технике, информационных технологиях, медицине, на фондовом рынке и других областях исследуемых процессов и систем;

- анализом и обобщением большого количества федеральных, региональных и муниципальных нормативных правовых актов, статистических данных, концепций, программ и методик развития ТС;

- использованием научных методов исследования, проверенных различными исследователями на обширном материале в разных областях знания;

- использованием для анализа и расчетов реальных исходных экономических данных, предоставленных хозяйствующими субъектами автотранспортной деятельности.

Достоверность результатов моделирования пассажиропотока фрактальными методами обеспечивается получением устойчивых сопоставимых результатов на независимых интервалах для различных транспортных процессов, а выбора пассажиром маршрута и вида ГОТ – апробацией на маршрутных схемах г. Северодвинска.

**Соответствие диссертации Паспорту научной специальности.** Содержание диссертационной работы соответствует п. 1.2. «Теория и методология экономико-математического моделирования, исследование его возможностей и диапазонов применения: теоретические и методологические вопросы отображения социально-экономических процессов и систем в виде математических, информационных и компьютерных моделей» и п. 1.8. «Математическое моделирование экономической конъюнктуры, деловой активности, определение трендов, циклов и тенденций развития» Паспорта научной специальности 08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики.

**Научная новизна диссертационной работы** состоит в совершенствовании подхода к описанию системы ГОТ в виде комплекса последовательно-взаимосвязанных оптимизационных моделей, в которых следует учитывать не только экономические, но и технические и социально-экологические показатели эффективности, вероятностный характер оценки затрат времени пассажиром, нестационарность и нелинейность пассажиропотока. Построенные в рамках такого подхода модели являются адекватным инструментом для принятия обоснованных управленческих решений при регулируемом рынке и нестабильной внешней среде.

**Наиболее существенные результаты исследования, обладающие научной новизной и полученные лично соискателем:**

- 1) построена структура показателей эффективности транспортной системы и разработан подход к их применению в моделях ГПТ;

2) введены новые составляющие – комплексность, доступность и безопасность – в мультипликативный показатель уровня пассажирского сервиса и исследованы его основные свойства;

3) разработан интегральный показатель уровня пассажирского сервиса, варьируемый в соответствии с требованиями всех заинтересованных сторон, усовершенствован алгоритм вычисления его оптимального значения по значениям переменных затрат и параметров влияния уровня сервиса на пассажиропоток;

4) получены численное и графическое решения в модели зависимости убытка ГОТ от качества обслуживания;

5) предложена и опробована фрактальная модель пассажиропотока, позволяющая выделить тренд, цикличность, сезонность и непериодический цикл объемов перевозок ГПТ;

6) сконструирована схема возможных вариантов выбора пассажиром вида транспорта и маршрута при наличии микроавтобусов, коммерческих и социальных автобусов;

7) разработана и опробована логико-вероятностная модель распределения пассажиропотока между видами транспорта и маршрутами в зависимости от получения пассажирами льгот, интервала движения подвижного состава (ПС), стоимости и времени поездки.

#### **Теоретическая и практическая значимость исследования.**

Теоретическая ценность результатов работы заключается в совершенствовании концепции описания функционирования ГОТ в виде комплекса моделей, включающей систематизацию и обновление показателей эффективности ТС и подход к их применению, использование новых для транспорта логико-вероятностного и фрактальных методов моделирования.

Практическая значимость исследования заключается в том, что реализация предложенного подхода будет способствовать повышению эффективности функционирования ГОТ и качества обслуживания населения, оптимизации затрат перевозчика, бюджета и пассажиров. Более точное описание структуры пассажиропотока и предсказание периодов его стабильности поможет в прогнозировании объемов необходимого финансирования, оптимальном планировании графиков технического обслуживания и закупок ПС, а моделирование потребительского выбора маршрута и вида ГОТ – улучшению организации пассажирских перевозок и уровня сервиса операторами транспортных услуг и сокращению доли «теневого» рынка.

Основные положения диссертационной работы доведены до уровня практических методик и могут быть использованы работниками,

занимающимися организацией перевозок на уровне транспортных предприятий и муниципалитетов.

**Апробация результатов исследования.** Основные положения, выводы и рекомендации диссертации докладывались автором на международных, всероссийских, региональных и межвузовских научно-практических конференциях. Отдельные положения диссертации реализованы в ООО «МАЛавто» г. Северодвинска, использованы при чтении дисциплин «Исследование операций в экономике» и «Теория систем и системный анализ» в гуманитарном институте филиала ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» в г. Северодвинске Архангельской области и ФГАОУ ВПО «Северодвинский филиал Московского государственного университета экономики, статистики и информатики».

**Публикации результатов исследования.** Основные результаты исследования изложены в 14 печатных работах общим объемом 5,85 п.л., в том числе 2 печатные работы в изданиях, рекомендованных ВАК.

**Структура диссертации** определена, исходя из целевой установки и логической последовательности решения задач исследования. Работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников из 199 наименований и 11 приложений.

## **II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ**

Во **введении** обосновывается актуальность темы, осуществляется постановка цели и задач диссертации, определяются объект и предмет исследования, раскрывается научная новизна работы.

В **первой главе** – «Традиции и модернизм в моделировании городского общественного транспорта» – проанализированы состояние и проблемы ГОТ в России; рассмотрены подходы, методы и модели анализа ГПТ как сложной социально-экономической системы.

В диссертационной работе поясняется, что в конце 80-х – начале 90-х гг. было принято множество законов, предоставляющих не обеспеченные источниками финансирования льготы на проезд. С ростом количества пассажиров, имеющих льготы, финансовое положение массового транспорта сильно ухудшилось, что привело в период послеплановой экономики к сокращению парка ПС, маршрутов и объема перевозок. Наличие неудовлетворенного спроса на услуги ГПТ способствовало появлению частных перевозчиков, работающих без предоставления бюджетных субсидий и льгот. Отток платежеспособной части пассажиров в сектора коммерческого и индивидуального

транспорта увеличил долю «льготников» в структуре социальных перевозок. Полномочия по организации и управлению ГОТ были переданы муниципалитетам без достаточного уровня финансирования. Оплата перевозок лиц, имеющих право на меры дополнительной социальной поддержки, из «тощих» бюджетов производится часто несвоевременно и не в полном объеме.

В диссертации отмечается, что отсутствует единая отраслевая тарифная методика; тариф занижен, отстает от роста затрат и формируется в основном по отчетным данным за предыдущий период; покрытие кассовых разрывов происходит за счет кредитов, оплата процентов за которые не предусматривается в тарифе; не учитываются в тарифе лизинговые платежи на покупку ПС. Все эти и другие причины привели к кризису ГОТ. В 2001-2010 гг. более половины крупных и средних предприятий наземного транспорта РФ были убыточны. Доля за проезд компенсировала в среднем 51 % расходов автобусного и 57 % – электрического транспорта. Это повлияло на резкое уменьшение количества городов и поселков, имеющих автобусы, старение и сокращение автопарка; снижение организации и координации перевозок; ухудшение технико-экономических и финансовых показателей. Гонки за прибылью на совместных участках ТС разных перевозчиков приводят к резкому повышению аварийности, снижению доходов и коммерческого интереса легальных операторов перевозок.

Далее в диссертационной работе рассматриваются характерные модели двух основных подходов – детерминистско-оптимизационного и вероятностно-адаптивного. Отмечается, что наилучшей тактикой моделирования является сочетание этих двух подходов, а наилучшей моделью в рамках системного подхода – комплекс взаимосвязанных оптимизационных моделей А.В. Шабанова, учитывающий интересы всех участников логистического процесса (государства, перевозчиков и пассажиров). Однако этот автор показал, как распределяются оптимальные пассажиропотоки всего лишь между двумя конкурентами. Оказались малоизученными вопросы выбора пассажирами вида транспорта и анализа структуры пассажиропотока в рыночных условиях. Выяснилось отсутствие единой концепции оценки качества. Продолжению исследования в этом направлении посвящены вторая и третья главы диссертационной работы.

Во второй главе – «Совершенствование комплекса моделей городского общественного транспорта» – систематизированы показатели эффективности (ПЭ) и на их базе усовершенствован подход к анализу системы ГОТ; предложены новые элементы комплексного показателя качества сервиса и исследованы его основные свойства;

получено оптимальное решение, минимизирующее убытки перевозок пассажиров; определены характеристики выбора вида ГОТ пассажиром; исследованы методы моделирования динамики пассажиропотока; показаны возможности и продемонстрированы результаты применения фрактальных методов.

В настоящее время даже среди отраслевых специалистов нет единого подхода к определению критерия эффективности ТС. В диссертации построена структура ПЭ, которая обобщает виды группировок, предложенных разными авторами (рис. 1).

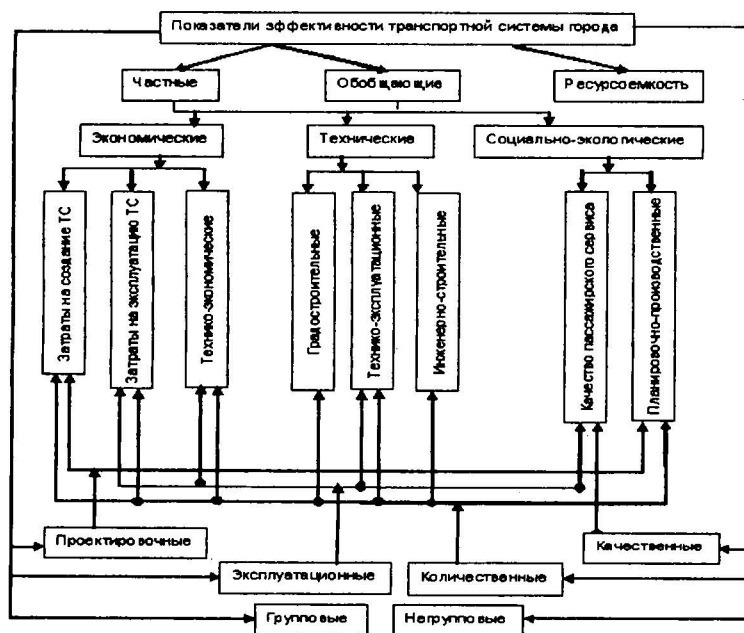


Рис. 1. Структура показателей эффективности транспортной системы

Функционирование ТС с точки зрения системного подхода оценивается по показателям качества операции: результативности, оперативности и ресурсоемкости. В предложенной диссертантом классификации результативность учитывается в технико-экономических показателях, оперативность – в показателях качества и технико-экономических. Социальные и природно-экологические объединены, а организационно-технические, производственно-бытовые и санитарно-

гигиенические исключены по причине дублирования их в технико-эксплуатационных ПЭ и качестве пассажирского сервиса.

В диссертации предлагается модернизация существующего подхода, включающая в себя новые аспекты, учитывающие: влияние ГОТ на окружающую среду, уровень жизни населения и другие отрасли экономики; изменение нормативной базы и условий функционирования транспортных систем.

1. Поскольку в РФ негативные эффекты от автомобилизации стали слишком велики (смертность от ДТП и заболеваний в результате влияния транспортных выбросов; рост заболеваемости от чрезмерного шума; слишком большая стоимость выкупа земель под строительство дорог, потери времени из-за заторов), в целевую функцию центральной модели введен эффект Сафронова  $\mathcal{E}_m + \mathcal{E}_o$ . Получим:

$$\sum_i (C_{pik} - S_{ik}) \times X_{ik} - \sum_{k=1}^2 \sum_i I_{ik} - \sum_i I_{ik3} \times \frac{100 + B\%}{100} + E_{in} + \mathcal{E}_m + \mathcal{E}_o \rightarrow \max,$$

где  $X_{ik}$ ,  $S_{ik}$ ,  $C_{pik}$  – соответственно пассажиропоток, себестоимость проезда, расчетный тариф  $i$ -го вида ГОТ в  $k$ -м году;  $I_{ik1}$ ,  $I_{ik2}$ ,  $I_{ik3}$  – размер инвестиций для прироста пассажиропотока на  $i$ -ом виде ГОТ в  $k$ -м году за счет соответственно собственной прибыли от данного вида ГОТ, дотации из бюджета, ссуды банка;  $E_{in}$  и  $B\%$  – эффект от мероприятий планового периода, реализуемый в послеплановом периоде и размер банковского процента;  $\mathcal{E}_m$  и  $\mathcal{E}_o$  – внутри- и внеперевозочные эффекты.

Внутриперевозочный эффект от развития, например, систем ГОТ с микроавтобусами складывается из эффекта от них и эффекта снижения эксплуатационных убытков и капиталовложений на развитие традиционного транспорта (автобусов, троллейбусов и трамваев) из-за реорганизации маршрутной сети при передаче мало и нерентабельных маршрутов микроавтобусам и роста капиталовложений и эксплуатационных затрат на наземные транспортные сооружения (ТС, развязки, путепроводы) из-за увеличения потребности в них.

2. В ограничениях предложено использовать и технические показатели для приведения в соответствие модели с требованиями нормативных документов.

3. Предложено совместно применять экономические, технические и социально-экологические ПЭ в одной модели. Они не только объединяются в одном интегральном критерии, но и включаются в ограничения. В случае отсутствия точных данных и при нечетких границах ПЭ используются двойные неравенства в ограничениях и проводится анализ чувствительности моделей.

4. Изменен показатель уровня пассажирского сервиса.

В действительности не всегда величина и качество транспортных услуг заданы или определены заранее, а нелинейностью результатов и затрат можно пренебречь. Это и обусловило дальнейшее исследование одного из социальных ПЭ – качества обслуживания пассажиров.

Для приведения в соответствие с действующими нормативными документами автором диссертации предлагается в модель уровня пассажирского сервиса ввести новые показатели: **доступности**  $S_8$ , **безопасности**  $S_3$  и **комплексности**  $S_7$ , следует термин «доступность»  $S_2$  заменить на «регулярность», «безопасность» как вероятность безотказной работы на маршруте перенести в «комплексность». Под «безопасностью»  $S_3$  и «доступностью»  $S_8$  подразумеваются соответственно безопасность для здоровья, жизни, имущества граждан и природной среды и бездискриминационный доступ к пользованию услугой различных групп пассажиров.

Предлагаемый комплексный показатель имеет вид:

$$S = S_1^{k_1} S_2^{k_2} S_3^{k_3} S_4^{k_4} S_5^{k_5} S_6^{k_6} S_7^{k_7} S_8^{k_8},$$

где  $k_1, \dots, k_8$  – веса показателей;  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$  – соответственно надежность перемещения точно по графику, регулярность, безопасность, комфортность, стоимость проезда, информационный сервис, комплексность и доступность.

В данной модели каждый элемент – относительная характеристика, основанная на сравнении значений фактических показателей качества с нормативными, минимальными или номинальными значениями. Сначала исчисляются характеристики для  $l$ -го маршрута  $i$ -го вида ГОТ, затем для каждого вида и далее для ГОТ в целом.

В Федеральном законе «О техническом регулировании»<sup>1</sup> под безопасностью процессов перевозки понимается состояние без недопустимого риска, связанного с причинением вреда жизни или здоровью потребителя, его имуществу и окружающей среде. Поэтому показатель, содержащий вероятность, нами перенесен из безопасности в *комплексность*:

$$S_{7il} = \frac{R_{il}}{R_{lmax}} \times \frac{Q_{il}^{факт}(\Delta T)}{Q_{il}^{ном}(\Delta T)} = \frac{\sum_{j=1}^J m_j P_j^{il}}{R_{lmax}} \times \frac{1 - m_{il}/N_{il}}{Q_{il}^{ном}(\Delta T)}, \quad \sum_{j=1}^J m_j = 1,$$

где  $P_{il}(\Delta T) = m_{il} / N_{il}$  – вероятность выхода из строя  $m_{il}$  транспортных средств  $l$ -го маршрута из  $N_{il}$  имеющихся в наличии;  $P_j^{il}$ ,  $m_j$  и  $R_{lmax}$  –

<sup>1</sup> Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184-ФЗ (ред. от 06.12.2011) // Консультант Плюс. Законодательство.



соответственно  $j$ -й параметр, вес и максимально возможный уровень комплексности;  $Q_{il}^{ном}(\Delta T)$  – номинальная безотказность работы за отрезок времени  $\Delta T$ .

Показатель комплексности, введенный в диссертации, отражает технологическое содержание услуги перевозки, которая находится в компетенции «Организатора перевозок». Он контролирует оплату проезда и выполнение транспортной работы перевозчиками, организует реализацию и продление долгосрочных проездных билетов и предоставление дифференцированных скидок, работает с замечаниями и предложениями по работе ГПТ и др. Именно ему следует разрабатывать удобную маршрутную сеть, графики движения ПС, элементы инфраструктуры (дороги, ОП, информационные табло и т.д.).

$$\text{Регулярность: } S_{2il} = \omega_{il}^{факт} / \omega_{il}^{онм}, \quad i = \overline{1, n}, \quad \omega_{il} = n_{il} / \Delta T,$$

где  $\omega_{il}$  – число передвижений  $n_{il}$  ПС за период  $\Delta T$ .

Доступность во всех районах города и всем категориям населения (с ограниченными физическими и материальными возможностями, пассажирам с детьми) обеспечивается за счет установления льгот проезда на всех видах ГОТ, пешеходной доступности остановочных пунктов (ОП), пониженного уровня пола, наличия пандусов, звукового сопровождения и др. Новые показатели *доступности* и *безопасности* определяются нами так:

$$S_{8il} = \frac{D_{il}}{D_{lmax}} = \frac{\sum_{j=1}^J m_j U_j^{il}}{D_{lmax}}, \quad S_{3il} = \frac{B_{il}}{B_{lном}} = \frac{\sum_{j=1}^J m_j F_j^{il}}{B_{lном}},$$

где  $U_j^{il}$  и  $D_{lmax}$  –  $j$ -й параметр и максимальный уровень доступности;  $m_j$  – коэффициент, учитывающий долю  $j$ -го параметра;  $F_j^{il}$  и  $B_{lном}$  –  $j$ -й параметр и номинальный уровень безопасности поездки.

Автором диссертации показано, что значение комплексного показателя качества транспортного сервиса при разном количестве составляющих можно вычислять по численной компьютерной модели (рис. 2). Это значение может находиться в пределах от 0 до 1. Чем больше число составляющих, тем круче график при одном и том же значении каждой составляющей и меньше значение  $S$ .

Отслеживая падение спроса (например, заметив, что  $k_4 = k_6 = 0$  или  $S_l = 1$ ), возможно уменьшить число составляющих и сэкономить на зависящих от уровня сервиса условно-переменных затратах  $c_l$  (затратах на объект управления и его инфраструктуру). Не всегда важно учитывать весь набор предложенных составляющих в модели уровня пассажирского сервиса. С точки зрения государства необходимо

соблюдение при перевозках безопасности и доступности. Мониторинг рынка пассажирских услуг позволяет выяснить наиболее важные запросы потребителей к качеству сервиса и минимизировать издержки предприятий. Результаты проведенного автором диссертации социологического опроса в г. Северодвинске в 2010 г. показывают, что для пассажиров особенно важны стоимость проезда, надежность, регулярность.



Рис. 2. Изменение интегрального ПЭ в модели пассажирского сервиса при изменении количества равнозначных составляющих

Оптимальный уровень  $S_{opt}$  в модели ГОТ А.В. Шабанов предложил определять минимизацией убытка по следующей зависимости:

$$Y = C - P = (c + c_1 / (1 - S)) - (p_1 + aS^b),$$

$$D: a > 0, 0 < b < 1, c_1 > 0, 0 < S < 1,$$

где  $c$  и  $c_1$  — условно-постоянные и переменные затраты ГОТ, не зависящие от уровня сервиса;  $p_1$  — доход ГОТ без учета требований к уровню сервиса,  $a$  и  $b$  — параметры влияния уровня сервиса на пассажиропоток (их значения зависят от особенностей функционирования и вида ГОТ).

Но решение автором уравнения получено не было. В диссертации оно сведено к вычислению корня уравнения  $S^{b-1}(S-1)^2 = c_1/a/b$ . Его можно получить графически (рис. 3) и численно методом дихотомии. На рис. 4 представлен алгоритм поиска решения.

Более, чем у 20 % опрошенных время передвижения в трудовой поездке превышает рекомендуемый строительными правилами норматив, что и заставило в следующей главе включить время отхода от ОП к месту назначения в модель выбора пассажиром вида ГОТ.

Обобщенным критерием сегментации потребителей услуг ГОТ может быть стоимость пассажира-часа. Этот критерий позволяет найти компромисс между интересами пассажиров и перевозчиков.

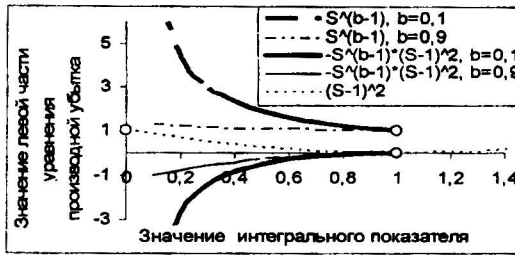


Рис. 3. Моделирование производной убытка ГОТ

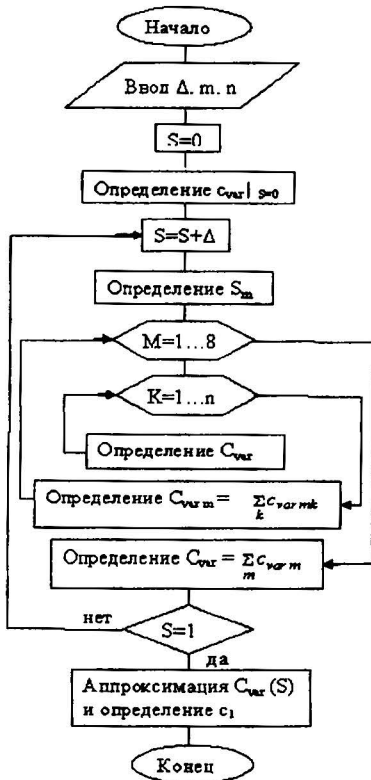


Рис. 4. Блок-схема алгоритма определения зависимости переменных затрат от уровня пассажирского сервиса

Недостаток пропускной способности делает особо актуальным применение к оценке данного показателя потребительского подхода, который в России мало исследован. Существующие модели учитывают наложение маршрутных схем муниципального транспорта и маршрутного такси, различную стоимость проезда, деление пассажиров на категории. Предполагается низкий коэффициент пересадочности. Но альтернативы проезда к пункту назначения маршрутами, имеющими совпадающие участки, в моделях не рассматривались.

Предложенные другими авторами методы анализа динамики пассажиропотока сложны в использовании и громоздки, а главное – не удобны для исследования нелинейных и нестационарных процессов. Предварительный анализ показал возможность применения для данной цели методов фрактального анализа.

В третьей главе – «Моделирование городского общественного транспорта фрактальными и логико-вероятностным методами» – построена фрактальная модель анализа динамики и логико-вероятностная модель выбора пассажиром вида транспорта и маршрута. Модели апробированы на данных г. Северодвинска.

С этой целью предварительно выполнен обзор программных продуктов на пригодность их применения для моделирования ГОТ; выявлен трендоустойчивый характер и наличие долговременной памяти динамики пассажиропотока; исследовано методом Херста влияние случайной составляющей на характер процесса; создана полная схема вариантов выбора пассажиром вида городского общественного транспорта и маршрута.

Рисунок 5 демонстрирует, что при снижении частоты (переходе от группировки по неделям к группировке по месяцам) на первый план выходит глобальная структура перевозок пассажиров, а при ее увеличении – локальные особенности.

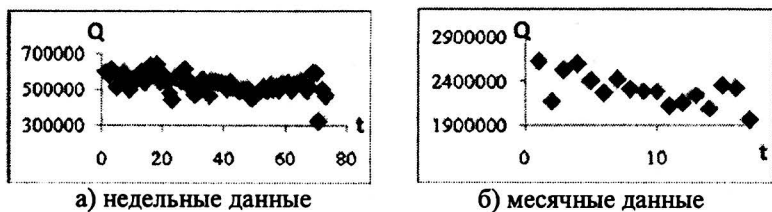


Рис. 5. Динамика пассажиропотока г. Северодвинска с 01.01.2007 по 27.05.2008 с группировкой данных

Применение метода нормированного размаха показало, что ряд трендоустойчивый (рис. 6). Показатель Херста  $H = 0,892 > 0,5$ . Всплески

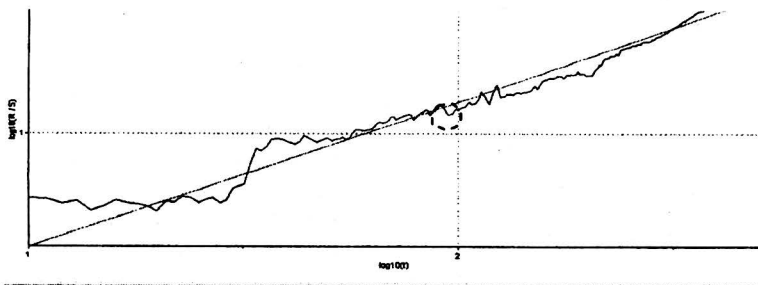


Рис. 6. Фрактальный анализ суточной динамики пассажиропотока СПАТП г. Северодвинска с 01.01.2007 по 27.05.2008

внутри штрихованной окружности и справа от нее сигнализируют о наличии квартальных, недельных и суточных периодических составляющих.

Автором диссертации на нескольких независимых интервалах исходных данных по разным субъектам автотранспортной деятельности, подтверждены персистентность и стабильность характера динамики пассажиропотока и влияние на него изменения объема выборки и временного лага, а также наличие тренда, аддитивных периодических составляющих и случайной компоненты. С ростом числа наблюдений значение показателя Херста увеличивается, график становится более сглаженным, что вызывается усреднением большего количества вариантов. Рост величины показателя Херста с повышением приращения времени обусловлен снижением шума в данных между отсчетами.

Возрастание показателя Херста до значения  $H = 0,905$  указывает на возможность неперiodического цикла за пределами выбранных данных, т.е. наличия у пассажиропотока точки с максимальным значением  $H$ , в которой долговременная память теряется и возникает регрессия, а график начинает соответствовать случайным блужданиям.

Помимо анализа динамики пассажиропотоков, в третьей главе рассматривается модель выбора пассажиром вида транспорта и маршрута, основанная на общем ЛВМ системного анализа.

Технологический процесс перевозки пассажиров складывается из 5 основных операций:

$$t_{об} = t_{под} + t_{ож} + t_n + t_{неp} + t_{от},$$

где  $t_{под}$ ,  $t_{ож}$ ,  $t_n$ ,  $t_{неp}$ ,  $t_{от}$  – соответственно время подхода к ОП, ожидания ГОТ, поездки, пересадок и отхода от ОП.

Предложенная в диссертационном исследовании модель основана на сравнении вариантов передвижения пассажиром, стоящим на ОП, который имеет возможность добраться между любыми пунктами отправления и назначения без пересадки, поэтому  $t_{под} = t_{неp} = 0$ .

Поскольку у северодвинского пассажирского автотранспортного предприятия (СПАТП) не хватает автобусов для обслуживания потребности города, рассматриваются варианты привлечения частных перевозчиков для работы на отдельных графиках (рейсах) выбранных маршрутов. Автором рассчитаны интервалы движения и необходимое количество транспортных средств на выбранных маршрутах. Вычислены интервалы для модели при варьировании количества автобусов и микроавтобусов при одинаковом и разном времени обратного рейса.

Рисунок 7 показывает варианты наложения маршрутных схем. В отличие от предшествующих моделей здесь учитывается время отхода от ОП к пункту назначения пассажира.

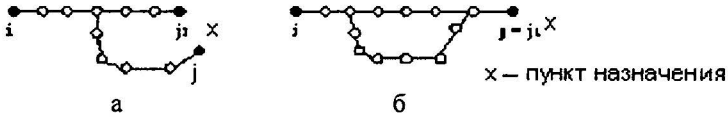


Рис. 7. Наложение маршрутных схем на примере двух маршрутов

Возможность перемещения между ОП  $k$ -го маршрута оценивается коэффициентом  $A_{i,j}^k$ , который равен единице, если можно переехать из пункта  $i$  в пункт  $j$ , и нулю, если нельзя:

$$A_{i,j}^k = \begin{cases} 1, & i_k \rightarrow j_k \\ 0, & i_{k-1} \rightarrow j_k \end{cases}$$

Пусть  $\beta_0, \beta_1$  и  $\beta_2$  — соответственно стоимость проезда на социальном (СА), коммерческом (КА) автобусе и частном микроавтобусе (МА), руб.;  $\mu_{i,j}^{0k}, \mu_{i,j}^{1k}, \mu_{i,j}^{2k}, \mu_{i,j_1}^{0k_1}, \mu_{i,j_1}^{1k_1}, \mu_{i,j_1}^{2k_1}$  — интенсивности движения ГОТ по маршрутам  $k$  и  $k_1$  соответственно СА, КА и МА, час<sup>-1</sup>;  $\lambda_{i,j}$  — интенсивность потока пассажиров, поступающих в единицу времени на  $i$ -й ОП с целью перемещения на  $j$ -й пункт. Обозначим  $\tau_{i,j}^k, \tau_{i,j}^{2k}$  — время проезда по маршруту  $k$  от  $i$ -го до  $j$ -го ОП соответственно на СА (КА) и МА, мин;  $\tau_{i,j_1}^{k_1}, \tau_{i,j_1}^{2k_1}$  — время проезда по маршруту  $k_1$  от  $i$ -го до  $j_1$ -го ОП соответственно на СА<sub>1</sub> (КА<sub>1</sub>) и МА<sub>1</sub>, мин;  $\tau_{OTi,j}^{k_1}$  и  $\tau_{OTi,j_1}^{k_1}$  — время отхода от ОП к месту назначения соответственно  $j$  и  $j_1$ .

Положим  $\beta_0 \leq \beta_1 \leq \beta_2, \tau_{i,j_1}^{k_1} \geq \tau_{i,j_1}^{2k_1}, \tau_{i,j}^k \geq \tau_{i,j}^{2k}$ .

Пусть  $x$  — стоимость пассажиро-часа и  $F(x)$  — соответствующая функция распределения. Тогда  $x(\tau_{i,j}^k + 1/\mu_{i,j}^{0k} + \tau_{OTi,j}^k) + \beta_0$ ,  $x(\tau_{i,j}^k + 1/\mu_{i,j}^{1k} + \tau_{OTi,j}^k) + \beta_1$ ,  $x(\tau_{i,j}^{2k} + 1/\mu_{i,j}^{2k} + \tau_{OTi,j}^k) + \beta_2$ ,  $x(\tau_{i,j_1}^{k_1} + 1/\mu_{i,j_1}^{0k_1} + \tau_{OTi,j_1}^{k_1}) + \beta_0$ ,  $x(\tau_{i,j_1}^{k_1} + 1/\mu_{i,j_1}^{1k_1} + \tau_{OTi,j_1}^{k_1}) + \beta_1$  и  $x(\tau_{i,j_1}^{2k_1} + 1/\mu_{i,j_1}^{2k_1} + \tau_{OTi,j_1}^{k_1}) + \beta_2$  — затраты пассажира соответственно СА, КА и МА на маршрутах  $k$  и  $k_1$ .

$$\mu_{i,j}^{0k} = \sum_{k=1}^K A_{i,j}^k \mu_k^{0k}, \mu_{i,j}^{1k} = \sum_{k=1}^K A_{i,j}^k \mu_k^{1k} \text{ и т.п.}$$

Полная группа несовместных событий, когда потребитель выбирает между МА, КА и СА, приведена на рисунке 8.

При появлении автобуса маршрута  $k$  каждый пассажир, с учетом наличия или отсутствия льгот на проезд, делает выбор: ехать или остаться ждать на ОП транспортного средства другого конкурирующего маршрута и вида ГОТ. Критерием выбора служат наименьшие затраты времени и денег на проезд.

В диссертации указанная модель выбора апробирована на двух маршрутах, имеющих совмещенные участки.

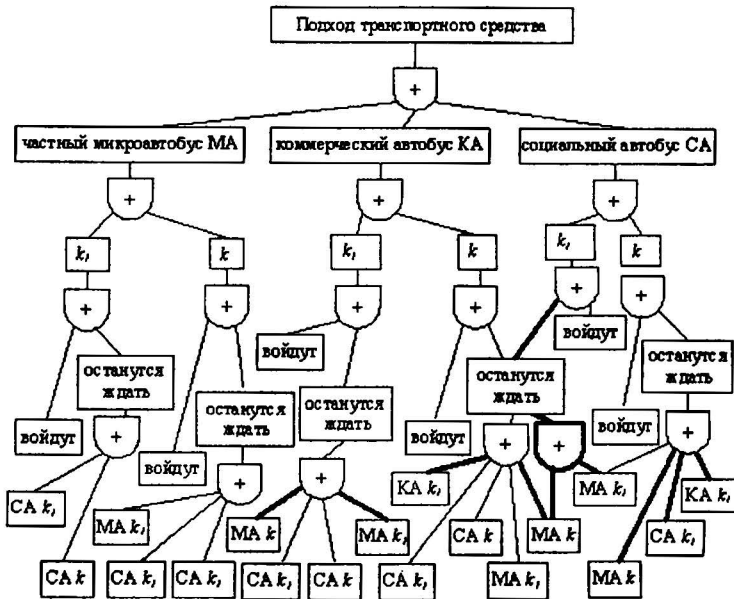


Рис. 8. Полная схема возможных вариантов выбора пассажира

Модель позволяет рассчитать доли пассажиров, которые воспользуются тем или иным видом автобусов или маршрутов. При этом видно, насколько большую долю платных пассажиров маршрутные такси перетягивают у социального транспорта, не выполняя социальной функции и перегружая ТС.

Исследована зависимость изменения предпочтений пассажиров при выборе вида транспорта и маршрута от увеличения времени обратного

рейса микроавтобусов до автобусного, роста интервала движения микроавтобусов в межпиковое время и повышения стоимости проезда микроавтобусов.

Модель показывает, насколько снижается доля пассажиров, выбирающих микроавтобусы, и увеличиваются доли предпочитающих коммерческие и социальные автобусы при выравнивании времени обратного рейса микроавтобусов и автобусов. Проведен анализ чувствительности выбора пассажиров к изменению тарифа.

В заключении показаны основные научные и прикладные результаты диссертационного исследования, сформулированы наиболее существенные выводы и даны рекомендации по использованию результатов работы на практике.

### III. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Кабалина Т.В. О применении фрактальных методов при моделировании пассажиропотока // Вестник БГТУ им. Шухова. – 2010. – № 2. – 0,4 п.л.

2. Кабалина Т.В., Чернов В.П. Исследование оценки качества в системе критериев эффективности перевозок пассажиров // Актуальные проблемы экономики и права. – 2010. – № 4 (16). – 0,5 п.л. / 0,45 п.л.

3. Кабалина Т.В. Стохастическое моделирование городского общественного транспорта // Современные достижения в науке и образовании : математика и информатика : материалы международной научно-практической конференции, Архангельск, 1 – 5 февраля 2010 г. – Архангельск : КИРА, 2010. – 0,2 п.л.

4. Кабалина Т.В. О безопасности городского общественного транспорта // Казанская наука. – 2010. – № 2. – 0,5 п.л.

5. Кабалина Т.В. О математическом моделировании при обучении студентов-менеджеров на основе системного подхода (на примере городских пассажирских перевозок) // Экология образования: актуальные проблемы : сб. науч. статей. Выпуск 4 / под общ. ред. А.В. Пяткова. – Архангельск : Поморский университет, 2010. – 0,3 п.л.

6. Кабалина Т.В. Обучение будущих менеджеров моделированию на примере городских общественных перевозок // Информационные технологии в гуманитарном образовании : Материалы III Международной научно-практической конференции, 22-23 апреля 2010 года. – Пятигорск : ПГЛУ, 2010. – 0,4 п.л.



7. Кабалина Т.В. Оценка безопасности потребления в г. Северодвинске // Инновации в сфере науки и образования Европейского Севера России : сб. науч. трудов. – Архангельск : ПГУ им. М.В. Ломоносова, 2010. – 0,6 п.л.

8. Кабалина Т. В. Традиции и модернизм в экономико-математическом моделировании городского общественного транспорта // Проблемы и перспективы социально-экономического реформирования современного государства и общества : материалы международной научно-практической конференции. – М. : Институт стратегических исследований, 2010. – 0,35 п.л.

9. Кабалина Т. В. Модель распределения пассажиропотока между конкурирующими перевозчиками // Экономическая кибернетика : системный анализ в экономике и управлении : сб. науч. тр. Вып. № 22 / сост. и отв. ред. В.П. Чернов и Д.В. Соколов. – СПб. : Изд-во СПбГУЭФ, 2010. – 0,25 п.л.

10. Кабалина Т.В. Необходимость административного регулирования таксомоторного рынка России // Проблемы и перспективы развития экономического и управленческого потенциала России в XXI веке: сб. материалов VIII Всерос. науч.-практ. конф. – Пенза : ПГПУ им. В.Г. Белинского, 2010. – 0,3 п.л.

11. Кабалина Т. В. О регулировании безопасности потребления и выделении ее как отдельного показателя качества на примере общественного транспорта // Вопросы технологии, эффективности производства и надежности : сб. докл. Выпуск № 23 / сост. В.Ф. Уснин. – Северодвинск : Севмашвтуз, 2010. – 0,6 п.л.

12. Кабалина Т.В. Исследование оценки сервиса в системе показателей эффективности городских пассажирских перевозок // Арктический вектор развития России : сб. докл. – Северодвинск : регион. отд-е союза машиностроителей России, филиал «СЕВМАШВТУЗ» ГОУ ВПО СПбГМТУ, 2011. – 0,6 п.л.

13. Кабалина Т.В. Анализ функционирования городского общественного транспорта в России и пути решения проблем // Научное мнение. – 2011. – № 2. – 0,5 п.л.

14. Кабалина Т.В. Анализ состояния городского общественного транспорта в Северодвинске // Проблемы и перспективы развития экономического и управленческого потенциала России в XXI веке : сб. материалов IX всероссийской научно-практической конференции. – Пенза : ПГПУ им. В.Г. Белинского, 2011. – 0,3 п.л.

КАБАЛИНА ТАТЬЯНА ВАЛЕНТИНОВНА  
АВТОРЕФЕРАТ

Лицензия ЛР № 020412 от 12.02.97

---

Подписано в печать 17.04.12. Формат 60х84 1/16. Бум. офсетная.  
Печ. л. 1,3. Бум. л. 0,65. РТП изд-ва СПбГУЭФ. Тираж 70 экз. Заказ 194.

---

Издательство Санкт-Петербургского государственного университета  
экономики и финансов  
191023, Санкт-Петербург, Садовая ул., д. 21.



102